Kurzer Leitfaden zur Boden Mikroskopie



Einführung

Mikrobielle Ökosysteme schaffen die Voraussetzungen für pflanzliches und tierisches Leben auf dem Planeten Erde: Sie etablieren und regulieren all unsere Lebensräume, unser Klima sowie unsere Gesundheit. Für alle größeren Lebensformen – einschließlich des Menschen – ist eine Kooperation mit Mikroben die einzige langfristig sinnvolle Strategie.

Fruchtbarer Boden ist die Grundlage unserer Kultur. Zivilisationen erblühen und zerfallen mit der Urbarmachung und Degradierung von Ackerland. Die industrielle Landwirtschaft führt zum Verlust der Bodenstruktur, zum Abbau von Humus und zu großflächiger Kontamination – dies endet letztlich in einer Zerstörung der Ökosysteme, in Erosion und Wüstenbildung.

Mal sehen, wer dort unten eigentlich lebt. Vielleicht sind die Bodenbewohner ja immer noch bereit zu kooperieren.

Identifikation

Um die Lebewesen in Deinem Boden kennen zu lernen, musst Du Dir nicht ihre Namen einprägen und ihre Anzahl bestimmen. Wenn Du gerade erst mit dem Mikroskopieren angefangen hast, ist es natürlich viel interessanter zuzusehen wie sie sich bewegen und ihr Ding machen. Nimm Dir Zeit zum Beobachten. Freunde dich an.

Wenn Du bereit bist systematischer vorzugehen, beginne mit der Formulierung einer präzisen Forschungsfrage: z. B. gibt es einen Unterschied zwischen dem Teil des Gartens, den Du mit Mulch bedeckt hast und dem Teil, den Du unbedeckt gelassen hast?

Empfehlungen:

- einen Zeitplan aufstellen – Probenentnahme & Mikroskopie aufeinander abstimmen
- nimm mindestens Proben 3 von jedem Standort den Du vergleichen möchtest
- achte auf präzise Probenvorbereitung - behandle alle Proben genau gleich
- stelle sicher, dass die "Wartezeit" vor der Mikroskopie immer ähnlich ist
- versuche beim Aufbringen der Proben immer die gleiche Menge und Dichte zu pipettieren
- untersuche das Präparat systematisch und notiere jedes Lebewesen (manchmal musst Du schätzen)
- wenn sich die 3 Proben vom gleichen Standort überhaupt nicht ähneln, solltest Du neue Präparate anfertigen

Wie kann ich meinen Boden verbessern?

Es gibt kein allgemeines Rezept für Bodenregeneration, denn jeder Garten oder Betrieb hat seine individuellen Ausgangsbedingungen und Probleme. Unsere Erde lebenswerter zu machen erfordert Beobachtung, viel Zeit und achtsame Interaktion. Vielfalt ist oft der Schlüssel zur Gesundheit: Wenn Du eine Monokultur in ein Ökosystem umwandelst, wird Dein Bodenleben gedeihen und es entstehen Wechselwirkungen die den Humusaufbau beschleunigen. Oft reicht es aus, regenerative Praktiken wie reduzierte Bodenbearbeitung, Mischfruchtanbau, Mulchen und vor allem die Integration von Bäumen und Sträuchern auf Deinen Flächen anzuwenden. Manchmal ist das Nahrungsnetz des Bodens jedoch auch so stark geschädigt das Du bestimmte Organismengruppen (wieder)einführen solltest - z. B. über Kompost - um die Regeneration zu beschleunigen.

Dieser Leitfaden soll Dir einige grundlegende Techniken der Bodenmikroskopie zeigen: wie Du Proben entnehmen und die gefundenen Organismen einordnen kannst. Nutze ihn als Ausgangspunkt für Deine eigenen Untersuchungen, vergleiche Deine Proben von Standort zu Standort oder von Jahr zu Jahr, ziehen Deine Schlussfolgerungen und wende die Techniken an, die auf dem von Dir betreuten Stück Land am besten funktionieren.

Hier sind einige Beispiele für unsere Beobachtungen:

Allgemein geringe Vielfalt (oft sehr viele Bakterien)
Typisch für die industrielle Landwirtschaft: Monotonie wohin das Auge blickt. Hier ist eine gründliche Regeneration erforderlich.

Viele Wimperntierchen
Indikator für sauerstoffarme Bedingungen. Häufig in nassem und/oder verdichtetem Boden sowie in anaerobem Kompost zu finden.

Fehlen von Pilzmyzel
Deutet auf einen Mangel an organischer Substanz und/oder häufige Störungen hin. (z. B. Pflügen oder der Einsatz von Chemikalien)

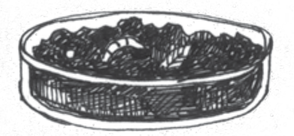
Fast alle Gruppen von Organismen sind vorhanden
Herzlichen Glückwunsch & weiter so!!

Wenn Du tiefer in die Welt der Mikroben eintauchen möchtest, findest Du im Internet eine große Auswahl an Videos, Büchern und Workshops. Du kannst auch mal unsere Website besuchen, auf der wir begonnen haben, Inhalte über Mikroben, Bodenbiologie und regenerative Landwirtschaft zu sammeln: *mikrobiomik.org/humussapiens*

TEIL 1

Bodenproben nehmen

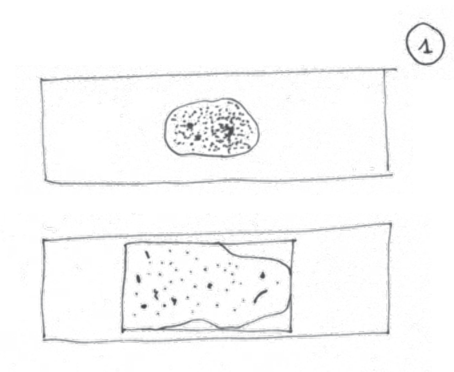
- entnehme eine Handvoll Erde *(ohne große Steine oder Wurzeln)*
- die obersten 5 cm sind oft sehr lebendig - außer bei Dürre
- wenn Du Standorte vergleichen möchtest, nimm mindestens 3 Proben von jedem Ort



- fülle das Probengefäß (z.B. ein Einmachglas) ohne die Erde zu verdichten
- füge Wasser hinzu und mische die Probe vorsichtig bis die Erde gesättigt ist aber nicht "schwimmt" *(wenn Du das Gefäß kippst, sollte sich ein kleiner Wassertropfen an der Seite bilden)*
- falls Dein Leitungswasser Chlor enthält, verwende stattdessen kohlensäurefreies Wasser aus der Flasche

- lasse die Erde mindestens 1 Stunde lang einweichen, besser 1-2 Tage *(je trockener und kälter die Proben bei der Entnahme waren, desto länger dauert es bis die Mikroben "aufwachen")*
- die Proben sollten an einem warmen (nicht heißen) Ort mit leicht geöffnetem Deckel aufbewahrt werden
- manchmal muss nach der Wartezeit ein wenig Wasser hinzugefügt werden
- verwende eine Pipette um den Wassertropfen aufzusaugen, der sich beim Kippen des Behälters bildet

Objektträger vorbereiten



- tropfe die Flüssigkeit auf deinen Objektträger, bis sich eine kleine Pfütze bildet. (etwa 3-5 Tropfen)
- lege das dünne “Deckglas” vorsichtig und ohne Druck auf den Tropfen

  (der Raum zwischen den Gläsern sollte möglichst vollständig mit Deinem Bodenextrakt gefüllt sein)



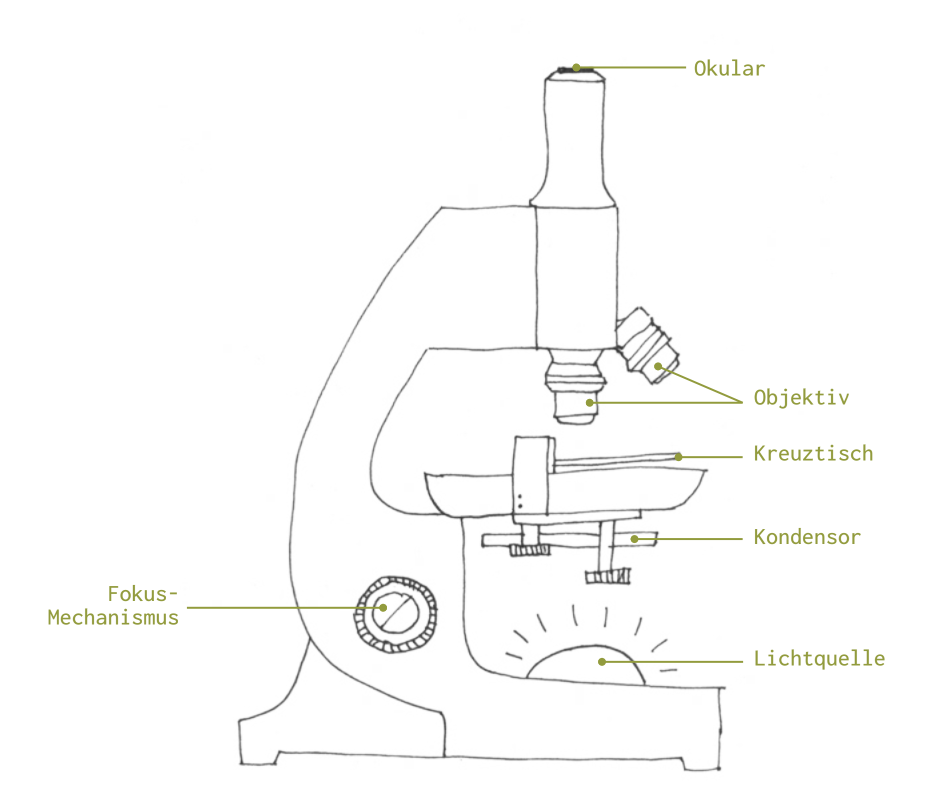
- mit etwas Übung findest Du die richtige Menge und die richtige “Dichte” des Extrakts - jede Bodenprobe ist anders und die Probenvorbereitung ist oft gefühlssache
- Generell sollte der fertige Objektträger nicht völlig transparent und auch nicht zu trüb oder schlammig sein

  (es ist in Ordnung wenn einige größere Krümel vorhanden sind, aber das Deckglas sollte flach aufliegen)

Der typische Aufbau eines “klassischen” Mikroskops ermöglicht die direkte Beobachtung von Proben mit dem bloßen Auge. Darüber hinaus kann eine Kamera angebracht werden, um Fotos und Videoaufnahmen zu machen. Bei selbstgebauten Mikroskopen (siehe nächste Seite) kann das Präparat in der Regel ausschließlich über einen Bildschirm betrachtet werden.

Verwendung des Mikroskops

“Klassisches” Mikroskop



Merkmale:

- mechanischer Kreuztisch (man kann den Objektträger mit 2 Reglern bewegen)
- präzise Fokussierung und mehrere Objektive für unterschiedliche Vergrößerungen
- Kondensor und andere Optionen zur Einstellung der Beleuchtung (Filter usw.)

Mehr Informationen: *mikrobiomik.org/de/projekte/mikroskopie*

“Openflexure” Mikroskop

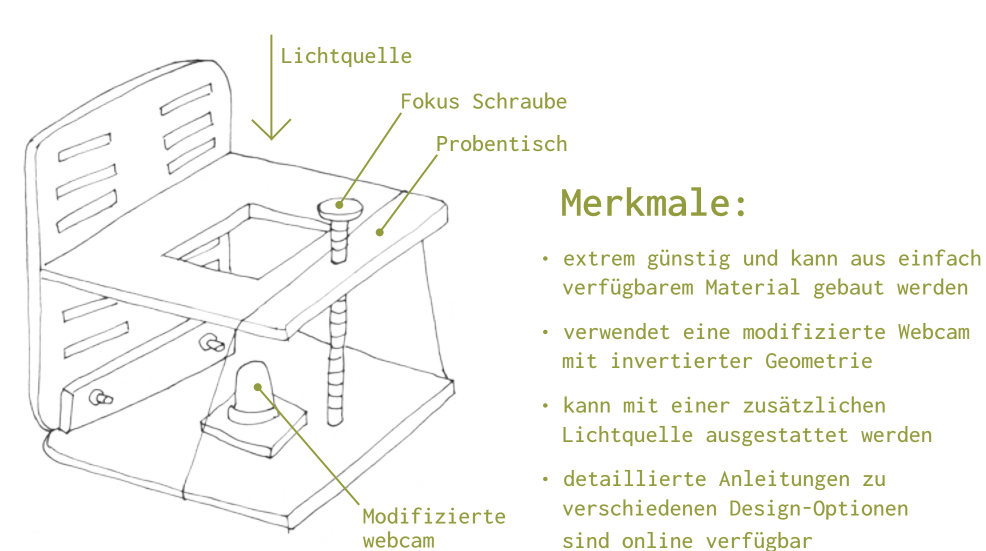
Kondensor
Kreuztisch
Fokus-Mechanismus
Objektiv
Kamera & Optikmodul
Optionaler Motor
Gehäuse für die Elektronik

Merkmale:

- mechanischer Kreuztisch und präzise Fokussierung
- Open-Source 3D-gedrucktes Design mit invertierter Geometrie (das Objektiv befindet sich unter der Probe)
- verwendet Raspberry Pi mit Open-Source Software
- kann mit professionellen Linsen ausgestattet werden

Mehr Informationen: *openflexure.org/projects/microscope/*

“Do-it-yourself” Mikroskop



Merkmale:

- extrem günstig und kann aus einfach verfügbarem Material gebaut werden
- verwendet eine modifizierte Webcam mit invertierter Geometrie
- kann mit einer zusätzlichen Lichtquelle ausgestattet werden
- detaillierte Anleitungen zu verschiedenen Design-Optionen sind online verfügbar

Mehr Informationen: *hackteria.org/wiki/DIY_microscopy*

TEIL 2

Bodenorganismen werden häufig nach ihrer Größe und traditionell nach ihrem Erscheinungsbild als eher tierähnlich (“Fauna”) oder pflanzenähnlich (“Flora”) eingeteilt, obwohl diese Klassifizierungen in der mikrobiellen Welt oft keinen Sinn ergeben. Leider sind auch viele andere gebräuchliche Begriffe wie “Protozoen”, “Amöben” oder “Algen” das Ergebnis historischer Entwicklungen und basieren oft auf dem morphologischen Erscheinungsbild und nicht auf der biologischen Verwandtschaft. Irgendwie müssen wir diese Kreaturen nennen und es macht Sinn sie in Gruppen einzuteilen, aber es ist wichtig zu wissen, dass die “Taxonomie” - also die Benennung und Klassifizierung von Organismen - bei Mikroben äußerst chaotisch ist. Wenn Du kein Fan von komplexem Latein bist, verwende die allgemeinen Begriffe und mühe Dich nicht mit den Namen der einzelnen Arten ab.

Dies ist keine vollständige Liste von Bodenorganismen und sicherlich kein taxonomischer Leitfaden. Wir beschreiben hier die Lebewesen, die Du womöglich in Deiner Bodenproben finden wirst und die Bilder sollen Dir bei ihrer Identifizierung helfen. Wir gehen davon aus, dass Du größere Lebewesen wie Regenwürmer, Insekten, Schnecken und Maulwürfe erkennst, wenn Du sie in Deiner Probe findest.

Wir haben uns dafür entschieden, 11 typische Bodenbewohner aufzulisten und sie grob nach Größe in absteigender Reihenfolge zu sortieren:

1. Collembola
2. Acari
3. Tardigrada
4. Nematoden
5. Rotiferen
6. Amöben
7. Ciliata
8. Flagellata
9. Mikroalgen
10. Pilze
11. Bakterien & Archaea

Für die folgenden Bilder haben wir ein „klassisches“ Mikroskop (ein älteres Modell von Zeiss) und eine günstige Okularkamera (von Bresser) verwendet. Für die meisten Bilder beträgt die Vergrößerung etwa 50x, bei den Ciliata, Flagellata und Bakterien 100x. Die Qualität der Mikrofotografien ist absichtlich auf Amateurniveau gehalten, um sie mit Bildern vergleichen zu können, die Du bei einem Einsteiger-Workshop oder beim Experimentieren zu Hause erreichen kannst. Die Bilder wurden für den Druck modifiziert (z. B. höherer Kontrast).





Collembola (Springschwänze)

- in der Regel 1-3 mm groß und sechsbeinig (gelten aber nicht als Insekten)
- in der Humusschicht von feuchten Böden und auf verrottendem Pflanzenmaterial zu finden
- Allesfresser und wichtig für die Kontrolle der mikrobiellen Gemeinschaften im Boden
- ca. 9 000 bekannte Arten





Acari (Milben)

- bodenbewohnende Arten sind meist kleiner als 1 mm und haben 8 Beine (Spinnentiere)
- sehr weit verbreitet und manchmal räuberisch auf andere Milben, Springschwänze oder Nematoden
- spielen eine wichtige Rolle bei der Zersetzung und helfen bei der Verbreitung von nützlichen Bakterien und Sporen
- ca. 50 000 bekannte Arten



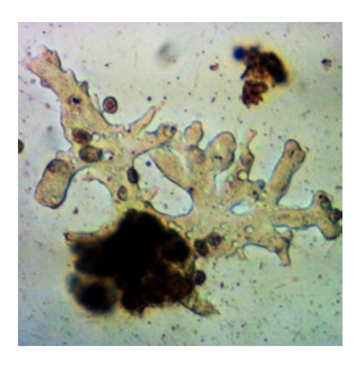
Nematoden (Fadenwürmer)

- bodenbewohnende Arten sind in der Regel zwischen 0,3 und 1 mm lang
- am häufigsten in Grasland und Wäldern vorkommend
- wurden in einer Tiefe von bis zu 3,6 km gefunden
- meist darauf spezialisiert, entweder Bakterien, Pilze, andere Nematoden oder Pflanzenwurzeln zu fressen
- ca. 20 000 bekannte Arten (geschätzt 1 Million)



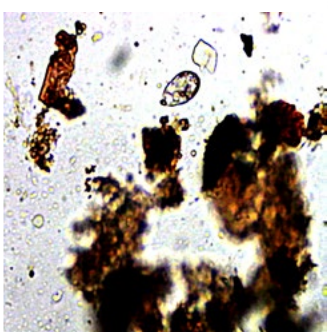
Tardigrada (Bärtierchen)

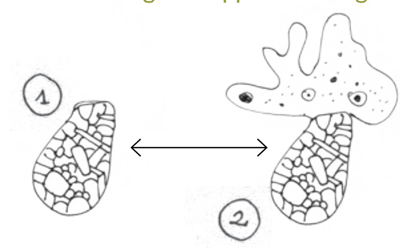
- erwachsene Tiere sind etwa 0,5 mm groß und leben oft in der Streuschicht
- können extreme Bedingungen überleben (sogar im Weltraum)
- ernähren sich hauptsächlich von Pflanzen und Bakterien, aber es sind auch räuberische Arten bekannt
- ca. 1 300 bekannte Arten

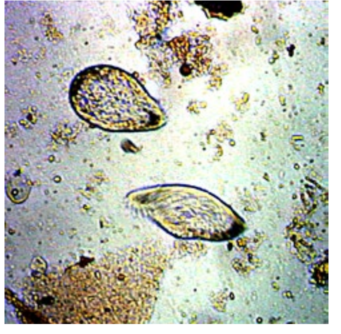


Amöben

- vielgestaltige Gruppe einzelliger Organismen die keine feste Körperform haben
- meist zwischen und 0,1 und 1 mm groß; manchmal mit Schalen (wie Schnecken)
- fangen ihre Beute indem sie diese umfließen und dabei mit ihrem Körper einschließen
- der Begriff “Amöbe” beschreibt eine Form der Bewegung, daher handelt es sich um eine sehr vielfältige Gruppe von Organismen



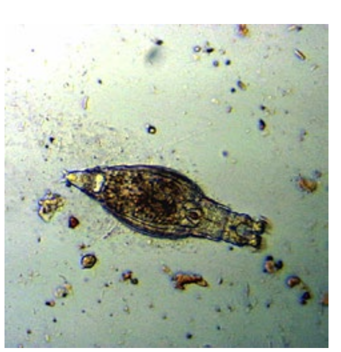






Ciliata (Wimperntierchen)

- Einzeller (0,01 - 1 mm) die sich mit Hilfe feiner Härchen (Cilien) fortbewegen
- häufig in sehr feuchter und nährstoffreicher Erde oder Kompost (besonders bei Sauerstoffmangel)
- bewegen sich oft sehr schnell und ernähren sich hauptsächlich von Bakterien und Algen
- ca. 4 500 bekannte Arten (geschätzt 40 000)



Rotiferen (Rädertierchen)

- vielzellige Organismen mit einer Körpergröße zwischen 0,1 und 0,5 mm
- besitzen mit Cilien besetzte Fressorgane die aussehen wie drehende Räder
- ernähren sich normalerweise von Bakterien, Algen und abgestorbenem organischem Material
- ca. 2 000 bekannte Arten



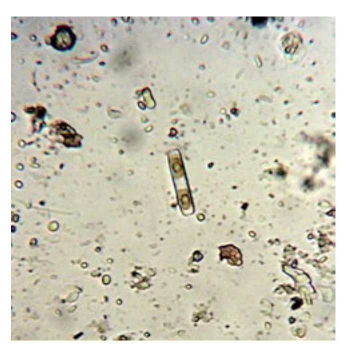




Flagellata (Geißeltierchen)

- Gruppe von Einzellern, die sich mit Hilfe von Geißeln (langen "Peitschen") fortbewegen
- normalerweise 0.003 mm - 0.01 mm groß (3-10 µm) und in fast allen Böden zu finden
- zeigen oft zuckende oder drehende Bewegungen und sind in der Regel langsamer als Ciliaten
- „Flagellata" beschreibt eine Art der Fortbewegung, daher ist es eine vielfältige Gruppe von Organismen





Mikroalgen



- allgemeiner Begriff für mikroskopisch kleine photosynthetische Organismen
- Größen von ca. 0,1 bis 1 mm und sehr variable Formen und Farben (oft grün/braun)
- einzellig, bilden aber häufig Gruppen und Ketten oder schwimmen langsam umher
- sind in der Regel nur in der obersten Schicht des Bodens zu finden





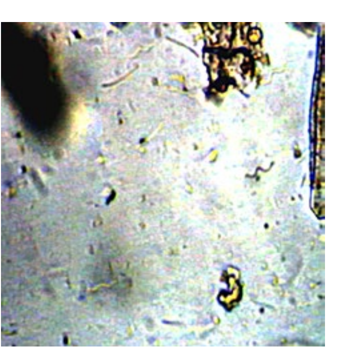


Pilze

- bilden neben den Tieren & Pflanzen ein eigenes Reich eukaryotischer Lebewesen
- im Boden sind einzellige Arten sowie myzel-bildende symbiotische Pilze weit verbreitet
- das Myzel sieht oft aus wie dünne "Wurzeln" und ist weit verzweigt
- sie sind sehr wichtig für die Nährstoffverteilung und die Zersetzung von organischem Material







Bakterien

- runde, stäbchen- oder spiralförmige Einzelzellen ohne Zellkern
- sehr klein: 0.001 mm - 0.003 mm (1-3 µm) und mit Lichtmikroskopie schwer zu erkennen
- bewegen sich oft chaotisch oder im Zick-Zack-Kurs, spiralförmige Zellen meist wie ein Korkenzieher
- wichtig für die Mobilisierung und Umwandlung von Mineralien sowie für die Stickstofffixierung

Danksagung

Diese Broschüre entstand im Rahmen der Projektreihe “UROŠ - Ubiquitous Rural Open Science Hardware” (1), einer Zusammenarbeit des Global Hackteria Network und der Gesellschaft für mikroBIOMIK (2), Humus Sapiens, Gathering for Open Science Hardware (3) und Ayllu Cooperativa (4). Die künstlerische Gemeinschaft und das Bildungslabor GT22 (5) hat den Forschungsstandort während des “UROŠ Temporary Autonomous Lab” in Maribor 2021 zur Verfügung gestellt.

UROŠ wurde im Rahmen von konS Platform for Contemporary Investigative Arts (6) finanziell unterstützt. Dies ist ein Projekt des “Network of Investigative Art and Culture Centres”, das von der Republik Slowenien und dem Euro päischen Fonds für regionale Entwicklung der Europäischen Union kofinanziert wird.







Links

(1) hackteria.org/wiki/UROS
(2) mikrobiomik.org/humussapiens
(3) openhardware.science
(4) instagram.com/ayllucoope
(5) gt22.si
(6) kons-platforma.org





Text und Bilder

Julian Chollet

Gestaltung & Illustration

Akvilė Paukštytė







Original 11/2021
Übersetzung 03/2022

Download der digitalen Version unter archive.org oder mikroBIOMIK.org

